

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

Томск
Издательский Дом ТГУ
2019

DOI: 10.17223/9785946218412/352

**УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА Ti-6Al-4V,
ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Казаченок М.С., Власов И.В., Панин А.В.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия

kms@ispms.tsc.ru

В настоящее время наблюдается громадный интерес к проведению фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области получения трехмерных металлических изделий методом аддитивных технологий, основанных на плавлении металлического порошка или проволоки лазерным или электронным лучами. Однако, несмотря на высокие прочностные свойства 3D-напечатанных металлов и сплавов, они характеризуются относительно низкими значениями ударной вязкости. Например, энергия разрушения изделий из титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методом селективного лазерного плавления, не превышает 10 Дж [1]. Последнее обусловлено наличием в 3D-напечатанных образцах Ti-6Al-4V большой объемной доли гексагональной плотноупакованной α' -фазы.

Исследования ударной вязкости прокатанных образцов Ti-6Al-4V выявили существенную зависимость величины энергии разрушения от их микроструктуры. Так, величина энергии разрушения в образцах, имеющих мартенситную структуру, составляет 34-49 Дж, а в образцах с бимодальной структурой – 27-36 Дж [2]. Наконец, энергии разрушения образцов Ti-6Al-4V, имеющих равноосную микроструктуру, варьируется в пределах 8-41 Дж. Естественно ожидать, что в зависимости от метода 3D-печати изделия из титанового сплава Ti-6Al-4V будут характеризоваться не только различной структурой, но и различными величинами динамической прочности и пластичности при ударном изгибе. Целью настоящей работы является сравнительный анализ микроструктуры, характера разрушения и величины ударной вязкости образцов титанового сплава Ti-6Al-4V, полученных методами прокатки, селективного лазерного плавления порошка Ti-6Al-4V (англ. Selective laser melting, SLM), электронно-лучевой плавки порошка Ti-6Al-4V (англ. Electron-beam melting, EBM) и проволоки Ti-6Al-4V (англ. Electron Beam Free-Form Fabrication, EBF³).

Для испытания на ударную вязкость были вырезаны образцы Шарпи размерами 10×10×55 мм с V-образным надрезом радиусом 0,25±0,025 мм. Ударную вязкость (KCV) определяли на автоматизированном копре Instron 450MPX, обеспечивающем запись диаграммы разрушения исследованных образцов в координатах «ударная нагрузка - изгиб образца». Микроструктуру образцов Ti-6Al-4V изучали с помощью оптического микроскопа Zeiss Axiovert 40 MAT. Фрактографические исследования образцов Ti-6Al-4V проводили на растровом электронном микроскопе LEO EVO 50.

Анализ диаграмм разрушения показал, что в условиях динамического нагружения 3D-напечатанные образцы Ti-6Al-4V характеризуются значительно меньшей пластичностью по сравнению с образцами Ti-6Al-4V, полученными методами прокатки. При этом величина энергии разрушения 3D-напечатанных образцов Ti-6Al-4V существенным образом зависит от метода их получения. Максимальной величиной ударной вязкости характеризуются образцы, полученные методом EBF³, микроструктура которых представляет собой крупные столбчатые β -зерна, внутри которых формируется структура игольчатого α' -мартенсита.

Сравнительный анализ силовых параметров ударной вязкости образцов Ti-6Al-4V, полученных путем электронно-лучевого плавления соответствующего порошка или проволоки (EBM и EBF³), показал, что, в обоих случаях трещина зарождается при близких значениях максимальной нагрузки, однако на этапе распространения магистральной трещины в EBF³-образцах нагрузка снижается более медленно, обуславливая более высокие значения KCV.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант №18-19-00559).

1. Evren Yasa, Jan Deckers, Jean-Pierre Kruth, Marleen Rombouts & Jan Luyten (2010) Charpy impact testing of metallic selective laser melting parts // Virtual and Physical Prototyping, 5:2, 89-98, DOI: 10.1080/17452751003703894.
2. Christophe Buirette, Julitte Huez, Nathalie Gey, Alain Vassel, Eric Andrie. Study of crack propagation mechanisms during Charpy impact toughness tests on both equiaxed and lamellar microstructures of Ti-6Al-4V titanium alloy // Materials Science & Engineering A, 618 (2014) 546-557.